

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DEN
AUSSAGEWERT OBJEKTIVER SEHSCHÄRFENBESTIMMUNGEN

von

M. GAMAL IBRAHIM

1966



UNTERSUCHUNGEN ÜBER DEN
AUSSAGEWERT OBJEKTIVER SEHSCHÄRFENBESTIMMUNGEN

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Würde eines Doktors der Medizin

der Hohen Medizinischen Fakultät

der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

vorgelegt von

M. GAMAL IBRAHIM

aus Kairo

MAINZ 1965

Dekan: Professor Dr.med. Borneff
Referent: Professor Dr.med. Ottomar Oppel
Korreferent: Professor Dr.med. Arno Nover
Tag der mündlichen Prüfung: 21. Juli 1966

Gesamtherstellung: Ditters Bürodienst Mainz
Steingasse 19

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

I. Einleitung	1
II. Hauptteil	3
a) Geschichtliches über den optokinetischen Nystagmus und seine Auswertung zur Bestimmung der objektiven Sehschärfe	3
b) Die Sehschärfe	4
c) Über den ocularen Nystagmus	5
d) Apparatbeschreibung	7
e) Untersuchungstechnik	8
f) Untersuchungsergebnisse	9
g) Statistische Auswertung der Ergebnisse	13
h) Übertragung der Untersuchungsergebnisse auf Kurven	14
III. Diskussion	18
IV. Zusammenfassung	24
V. Literaturverzeichnis	25

I. EINLEITUNG

Das Auge ist unser wichtigstes Sinnesorgan. Vom Leistungsvermögen des Gesichtssinnes ist in einem erheblichen Umfang das Schicksal und die soziale Stellung eines Menschen abhängig. Zu allen Zeiten haben Blinde und Personen mit stark vermindelter Sehschärfe meist ihr gewünschtes Ziel im Beruf und in der Gesellschaft nicht erreichen können. Deshalb begegnete man den Blinden schon seit dem Altertum bei fast allen Völkern besonders rücksichtsvoll und mit einem gewissen Mitleid, oder man räumte ihnen bestimmte Vorteile innerhalb der Gesellschaft ein. Es ließen sich dafür aus den verschiedensten Epochen alter Kulturen zahlreiche Beweise anführen. So finden sich beispielsweise in den Schriften und Grabdenkmälern der alten ägyptischen Pharaonenreiche immer wieder Darstellungen, auf welchen blinde Musikanten als Teilnehmer an kultischen und religiösen Handlungen wiedergegeben sind. In der Abb. 1 ist zum Beispiel aus dem Grabe des Paatenemheb bei Sakkara eine Szene dargestellt, auf welcher sich unter den hinter dem opfernden Priester sitzenden Musikanten ein blinder Harfner befindet. Wie sich aus der Vergrößerung in Abb. 2 ersehen läßt, handelt es sich um einen älteren Mann, bei welchem besonders gegenüber den übrigen Gestalten die Fettwülste im Nacken und im Bereich des Bauches auffallen. Diese Körperfülle läßt ohne Zweifel die Deutung zu, daß der alte Harfenspieler trotz seiner Blindheit keinen Nahrungsmangel zu leiden brauchte.

Heutzutage hat in vielen Ländern jeder, der nur noch über eine Sehschärfe von weniger als $1/60$ verfügt, Anspruch auf eine staatliche Blindenrente und eventuell auf einen ausgebildeten Blindenführerhund. Zusätzliche Blindenbeihilfen in Form von Verschmutzungszulagen, Futtergeld für Blindenführerhunde, Vergünstigungen bei der Benutzung öffentlicher Verkehrsmittel, bezahlte Pflege- und Begleitpersonen sowie Verkehrsplaketten usw. sollen dazu beitragen, das schwere Los der Blinden zu mildern.

Leider kommt es in der Praxis nicht selten vor, daß gewissenlose Elemente versuchen, durch bewußt oder unbewußt falsche Angaben bei der subjektiven Sehschärfeprüfung (Simulation) sich ebenfalls in den Genuß dieser Vergünstigungen zu bringen, die man den Blinden gewährt. Auch versuchen aus dem gleichen Grunde tatsächlich Schwachsichtige den Grad ihrer Sehschwäche zu übertreiben, weil sie mit ihrem geringen Sehvermögen keinen qualifizierten Beruf ausüben können und auf ihrem Arbeitsplatz nur wenig mehr verdienen, als die Blinden an Unterstützung erhalten.

Auf Grund dieser Umstände und Tatsachen ist es wünschenswert und notwendig, über exakte Untersuchungsmethoden zu verfügen, die unabhängig vom Willen und den Angaben der untersuchten Person eine Aussage über das noch vorhandene Sehvermögen erlauben. Obwohl die modernen Untersuchungsmethoden durch die Fortschritte der Medizin bereits eine genaue Feststellung von Defekten im Sehorgan - wie z.B. Veränderungen in der Netzhaut, Erkrankungen des Sehnervenkopfes, Glaskörpertrübungen, Linsen- oder Hornhauttrübungen - erlauben, ist die Sehschärfenbestimmung in der Praxis weitgehend von den Angaben der untersuchten Person abhängig. Um ein exaktes Ergebnis zu erhalten, ist es notwendig, in zweifelhaften Fällen sich zusätzlich objektiver Methoden zu bedienen, um nicht auf die Angaben der untersuchten Person angewiesen zu sein.

Die Bestimmung der zentralen Sehschärfe mit Hilfe der üblichen Sehprobentafeln stellt eine subjektive Prüfung dar. Die angegebenen Sehschärfenwerte hängen von der Mitarbeit und der Ehrlichkeit des Untersuchten ab. Diese Bestimmung kann daher nicht nur zu richtigen, sondern, wie die Erfahrung bei Begutachtungen lehrt, auch zu falschen Ergebnissen führen, wobei es bis heute noch keine andere subjektive Methode gibt, die hier eine Unterscheidung ermöglichen würde. Dieser Nachteil der subjektiven Prüfung des Sehvermögens läßt sich durch eine objektive Sehschärfenbestimmung mit Hilfe des optokinetischen Nystagmus umgehen.

Der optokinetische Nystagmus beruht darauf, daß bewegte optische Reizmuster, die als Erregung bis zum occipitalen Sehzentrum gelangen, durch nervöse Verbindung mit den corticalen und subcorticalen Augenbewegungszentren zu unwillkürlichen und reflektorischen Augenbewegungen führen. An einem erblindeten Auge läßt sich deshalb kein optokinetischer Nystagmus mehr hervorrufen. Ein Auge, bei welchem noch ein optokinetischer Nystagmus auslösbar ist, kann dagegen nicht völlig blind sein. Auf diesen prinzipiellen Erwägungen lassen sich objektive Sehschärfenbestimmungsmethoden aufbauen, die alle subjektiven Fehlerquellen auszuschalten gestatten.

Ein Gerät von praktischer Brauchbarkeit und Zuverlässigkeit würde zweifellos nicht nur für den physiologisch-optisch interessierten Kliniker, sondern auch für den augenärztlichen Gutachter eine wertvolle Untersuchungseinrichtung von oft entscheidender Bedeutung darstellen.



Abb. 1: Darstellung einer kultischen Handlung aus dem Grabmal des Paatenemheb bei Sakkara mit offerndem Priester und blindem Harfner.



Abb. 2: Vergrößerung des blinden Harfners aus Abb.1. Man beachte die Fettpolster im Bereich des Nackens und des Bauches.

II. HAUPTTEIL

a) Geschichtliches über den optokinetischen Nystagmus und seine Auswertung zur Bestimmung der objektiven Sehschärfe

Die Erscheinung des Nystagmus ist seit Jahrhunderten in der Augen-, HNO- und Nervenheilkunde bekannt. In seinem Buch "Lehre von den Augenkrankheiten" hat J. Jakob Plenck 1788 den Nystagmus als eine Zuckung oder unfreiwillige Bewegung des Augapfels charakterisiert.

Der optokinetische Nystagmus war bereits als Eisenbahnnystagmus bekannt, als Barany 1907 diese Erscheinung der klinisch-experimentellen Forschung eröffnete. Er entwickelte seine Nystagmustrommel, womit er den optokinetischen Nystagmus beliebig hervorrufen konnte. 1914 erschien von ihm eine Arbeit über die Hebelynystagmographie. Nachdem Barany 1921 seiner "klassischen Theorie" über den optokinetischen Nystagmus die Erkenntnis der Inversion des Nystagmus hinzugefügt hatte und Kerstenbaum den latenten Nystagmus beobachtet hatte, wurde 1922 von Schott erneut ein Verfahren zur Registrierung des Nystagmus mit dem Seitengalvanometer entwickelt. 1929 erschienen weitere Methoden der Nystagmographie von Dodge (Spiegelzeichner), und Carpenter verfaßte seine Arbeit über eine Apparatur zur Erzeugung des experimentellen Nystagmus. 1931 erschienen nochmals zwei neue Methoden zur Registrierung des optokinetischen Nystagmus von Steinwand. Auf der Basis der experimentellen Erzeugung eines optokinetischen Nystagmus entwickelte Ohm 1947 eine Methode zur objektiven Sehschärfenbestimmung, und er machte Vorschläge, wie eine entsprechende Apparatur zur Messung der objektiven Sehschärfe im Prinzip herzustellen sei.

1950 erschien von Günther ein Buch über die objektive Sehschärfenbestimmung, in welchem der Autor eine selbstkonstruierte Apparatur beschrieb, mit der er gute Erfahrungen in der Sehschärfenbestimmung sammeln konnte. Als Testobjekt benutzte er ein schwarz-weißes Schachbrettmuster in drei Größen, das fortlaufend in der Horizontalen bewegt wurde. Die Beobachtungsapparatur registrierte die optokinetischen Augenbewegungen. Aus Untersuchungsabstand, Versuchsperson und Testobjekt ließ sich die Sehschärfe errechnen.

b) Die Sehschärfe

Unter Sehschärfe verstehen wir das Auflösungsvermögen der Netzhaut und messen es durch den kleinsten Winkel, unter dem zwei Lichtpunkte eben noch getrennt wahrgenommen werden können. Infolge verschiedener physikalischer Voraussetzungen, wie Pupillenweite, Astigmatismus u. a. wird ein leuchtender Punkt auf der Netzhaut nicht streng punktförmig, sondern stets als Zerstreuungsfläche abgebildet. Diese Fläche auf der Netzhaut entspricht einer Empfindungsfläche, die aber nicht immer von genau der gleichen Größe wie jene ist.

Die Zapfen bilden am Augenhintergrund, besonders an der Stelle des deutlichsten Sehens (Fovea) einen aus sechsseitig begrenzten Elementen regelmäßig zusammengesetzten Raster (Abb. 3). Obwohl die einzelnen Zapfen fast völlig gleich aussehen, nimmt man an, daß sie funktionell drei ganz verschiedene farbspezifische Arten von Sinneselementen darstellen.

Man spricht deshalb auch von einem Dreifachraster. Nach neueren Untersuchungen nimmt man an, daß immer mindestens ein Zentralzapfen und die ihn umgehenden sechs Randzapfen gleichzeitig gereizt werden. Durch die erwähnte Abbildungsweise würde also, auch wenn die einzelnen Zapfen funktionell verschieden sein sollten, trotzdem erreicht werden, daß jeder Lichtpunkt unter allen Umständen farbrichtig erkannt wird.

Nach anderen Forschern hat die optimale Erregungsfläche nur einen Durchmesser von etwa 0,005 mm. Diese Größe entspricht (nach Rein) ungefähr dem Abstand zweier Zapfen im Gebiet der Fovea centralis. Danach wären Größe und Abstand der Zapfen ziemlich genau dem optimalen Auflösungsvermögen des dioptrischen Apparates angepaßt. (Abb. 4)

Wie dem auch sei, zwei Lichtpunkte werden jedenfalls als getrennt erkannt, wenn die Empfindungsflächen einen bestimmten Abstand besitzen. Das ist im allgemeinen der Fall, wenn die Punkte um mindestens eine Winkelminute voneinander entfernt sind.

Unsere Sehproben bestehen deshalb aus Zahlen, Buchstaben, Ringen bzw. E-Haken oder ähnlichen Figuren, deren einzelne Teile bei einer bestimmten Entfernung unter dem Sehwinkel von einer Winkelminute erscheinen (SNELLENS-Prinzip).

Neben den Figuren ist stets die Entfernung angegeben, in welcher sie von einem Normalsichtigen gelesen werden müssen. Die Untersuchung wird auf eine Entfernung von 5 oder 6 m durchgeführt, damit der Patient mit akkommodationslosem Auge liest.

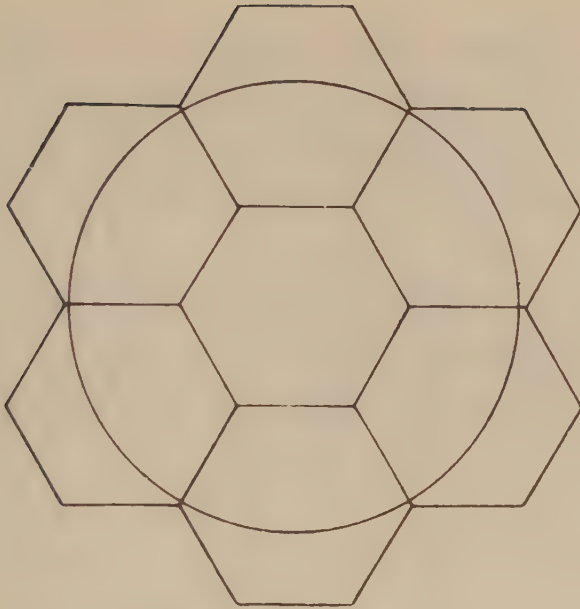


Abb. 3: Schematische Darstellung einer Empfindungseinheit der Netzhaut, bestehend aus einem Zentralzapfen und sechs umgebenden Rundzapfen (nach ENGELKIND)

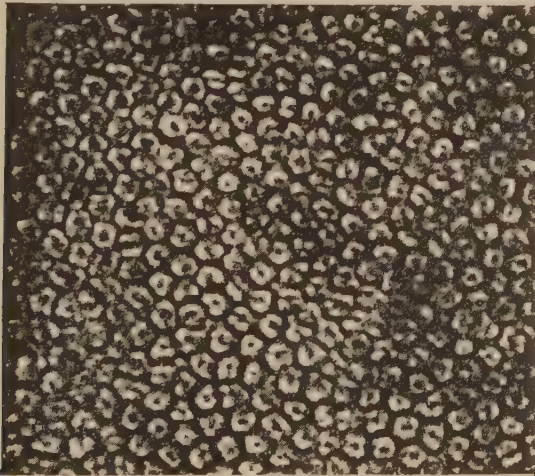


Abb. 4: Flachschnitt durch die Zapfenfortsätze im Bereich der Fovea centralis eines menschlichen Auges (nach AXENFELD)

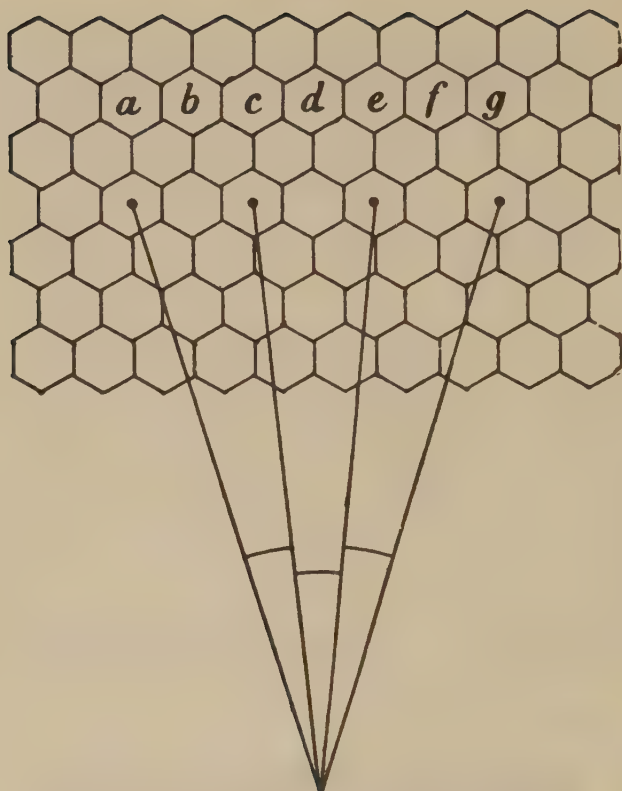


Abb. 5: Vorstellungsmodell zum Auflösungs- und Trennungvermögen der menschlichen Netzhautmitte (nach AXENFELD)

Das Sehvermögen wird nach der Formel $V = \frac{d}{D}$ ermittelt.

(V = Visus; d = Untersuchungsabstand; D = Größe des Sehzeichens).

Wird nun ein Zeichen, das auf 10 m erkannt werden sollte, nur in einem Abstand von 5 m gelesen, so besteht eine Sehschärfe von $5/10 = 0,5$. Wird aber in diesem Abstand die für 5 m bestimmte Reihe gelesen, so beträgt der Visus $5/5 = 1,0$.

Bei Sehschärfen unter $5/50$, d.h. also, wenn auch die 50 m - Reihe nicht entziffert werden kann, muß man die Sehprobe näher heranzuführen, z.B. auf 4 m (Visus = $4/50$) oder auf 1 m (Visus = $1/50$) usw. Bei dem letztgenannten Sehschärfenwert liegt bereits praktische Blindheit vor. Ein solches Sehvermögen reicht für eine regelmäßige Berufsausübung nicht mehr aus. Ist das Sehvermögen noch stärker herabgesetzt, prüft man, in welchem Abstand ausgebreitete Finger oder Handbewegungen erkannt werden können, z.B. Handbewegung in $1/2$ m usw. Wird nur noch das Auftauchen von Licht bemerkt, das ins Auge geworfen wird, so sprechen wir von Lichtscheinwahrnehmung. Bei völligem Fehlen jeglicher Lichtscheinwahrnehmung liegt Blindheit im wissenschaftlichen Sinne, d.h. Amaurose vor.

Mit den Leseproben prüfen wir normalerweise die Sehschärfe der Fovea centralis, also die zentrale Sehschärfe. Bei Erkrankungen der Netzhautmitte, ihrer nachgeschalteten Leitungsbahnen sowie subcorticalen und corticalen Repräsentationsareale ist jedoch auch die noch verbliebene Sehschärfe der intakt gebliebenen peripheren Bereiche des Gesichtsfeldes von Interesse.

c) Über den ocularen Nystagmus

Unabhängig von den willkürlichen Augenbewegungen beobachtet man bei manchen Personen zuckende Augenbewegungen, welche dem Willen nicht unterworfen sind.

Erfolgen die Bewegungen in der Horizontalen, so sprechen wir von Nystagmus horizontalis, bei Rollung der Augen im Sinne von kongruenten Meridianneigungen von Nystagmus rotatorius. Diese unstillen Augenbewegungen, die nicht selten bei dem Versuch, einen Gegenstand zu fixieren, zunehmen, haben verschiedene Ursachen. Vielfach handelt es sich um angeboren schwach-sichtige Augen, z.B. infolge von Albinismus, totaler Farbenblindheit oder Mißbildungen. In diesem Fall spricht man von okularem Nystagmus.

Eine weitere Ursache des Nystagmus kann auch durch eine Anomalie oder ein Leiden des Zentralnervensystems gegeben sein, so z.B. bei Tumoren etwa des Kleinhirns, oder bei Kleinhirnbrückenwinkeltumoren, ebenso bei multipler Sklerose.

Zur Prüfung der Erregbarkeit des Labyrinthes kann man durch Reizung des Nystagmus vestibularis einen labyrinthären Nystagmus auslösen.

Durch eine Objektbewegung, die waagrecht zur Gesichtslinie erfolgt, wird bei sehendem Auge eine rhythmisch oscillierende gleichsinnige Augenbewegung ausgelöst, die man den optokinetischen Nystagmus nennt. Er ist ein objektives Kriterium auf die Erregbarkeit des Sehapparates infolge seiner Abhängigkeit von der zentralen und peripheren Sehschärfe. Er wird sowohl vom Stäbchen- als auch vom Zapfenapparat der Netzhaut ausgelöst. Somit gehört der optokinetische Nystagmus zum okulären physiologischen Nystagmus. Dieses Verhalten des Sehapparates begründet den Wert des optokinetischen Nystagmus als objektives Kriterium für die noch erhaltene Funktionsfähigkeit des Auges und schafft dadurch die Grundlage der objektiven Sehschärfenbestimmung.

Bei einem erblindeten Auge läßt sich durch Darbietung bewegter Objekte kein optokinetischer Nystagmus auslösen. Bei stark herabgesetztem Sehvermögen müssen bewegte Objekte eine bestimmte Größe besitzen, d.h. im Bereich des Wahrnehmbaren liegen, um einen optokinetischen Nystagmus herbeiführen zu können. Je besser die Sehschärfe eines Auges ist, um so kleiner kann ein sich bewegendes Objekt sein, um noch einen optokinetischen Nystagmus zu bedingen.

Am besten eignen sich zur Auslösung eines optokinetischen Nystagmus bestimmte Reizmuster. Als besonders geeignet haben sich kontrastreiche Schachbrettmuster oder Streifenmuster erwiesen, die bei bewegter Darbietung auf einer konturenlosen Fläche zwangsläufig zu einem nicht unterdrückbaren optokinetischen Nystagmus beim Beobachter führen, solange sein Sehvermögen im Bereich der Wahrnehmbarkeit der dargebotenen kontrastreichen Reizmuster liegt.

Zur objektiven Sehschärfenbestimmung lassen sich daher zwei verschiedene Wege beschreiten. Man kann entweder die Schachbrett- oder Streifenmuster in ihrer Aufgliederung stufenweise verkleinern und denjenigen Zeitpunkt bestimmen, der beim Untersuchten nicht mehr zur Auslösung eines optokinetischen Nystagmus führt.

Es läßt sich jedoch auch ein anderes Vorgehen wählen, indem beständig mit einem sehr groben Reizmuster, das selbst noch bei einer hochgradigen Herab-

setzung der Sehschärfe zur Auslösung eines optokinetischen Nystagmus führt, gearbeitet wird. Als Kriterium der noch vorhandenen Sehschärfe läßt sich dann bei einer solchen Versuchsanordnung eine größenvariable Fixiermarke einblenden, die zur Unterbrechung des Nystagmus führt, sobald sie in einer Größe dargeboten wird, die von dem geprüften und untersuchten Auge noch wahrnehmbar ist.

d) Apparatbeschreibung

Es wurde mir die Aufgabe gestellt, Untersuchungen über den Aussagewert objektiver Sehschärfenbestimmungen mit Hilfe des optokinetischen Nystagmus durchzuführen. Als Untersuchungsgerät stand mir ein neu konstruierter Apparat von O p p e l zur Verfügung, dessen Brauchbarkeit und Zuverlässigkeit gleichzeitig einer Überprüfung unterzogen werden sollte.

Die Untersuchungseinrichtung:

Die Untersuchungseinrichtung setzt sich aus zwei Teilen zusammen. Der erste Teil besteht aus einem Kleinbildprojektor mit verbreiteter und umgebauter Kleinbildbühne. Mit Hilfe eines Elektromotors läßt sich über einer Exzentrerscheibe in der Kleinbildbühne ein Diarahmen von 4-facher Größe rhythmisch hin- und herbewegen. Der Diapositivstreifen enthält ein schwarz-weißes Schachbrettmuster. Das Projektionsgerät beleuchtet aus einer Entfernung von 8 m die gegenüberliegende konturenlose Wand. Das sich bewegende Schachbrettmuster (3 x 2 m) erscheint dadurch so groß, daß das gesamte Blickfeld ausgefüllt ist. Die Größe der einzelnen Quadrate beträgt 42 cm, die der Trennlinie der Quadrate 3 cm. Die Drehzahl des Motors ist steuerbar und wird so eingestellt, daß die vollendete Hin- und Herbewegung des Schachbrettmusters in einer Zeit von 5 sec. erfolgt.

Der zweite Teil besteht aus einer Zeiss-Hammerlampe, die als Lichtprojektor für eine Fixationsmarke benutzt wird. Diese Lampe projiziert ein auf der Spitze stehendes lichtstarkes Quadrat, welches in der Mitte des Schachbrettes erscheint. Die Größe dieses Quadrates ist durch eine Stellschraube nach dem Prinzip der A u b e r t'schen Blende zu verändern. Die Projektionslampe wird in einer Entfernung von 3,80 m zur Leinwand aufgestellt, um eine ausreichende Helligkeit zu erzielen. Die Entfernung der zu untersuchenden Person beträgt 5 m zur Leinwand. Die Lichtstärke der in ihrer Größe variablen Fixationsmarke sowie die der hellen Felder des Schachbrettmusters beträgt 22 Lux. Die Lichtstärke der schwarzen Felder beträgt 1 Lux.

e) Untersuchungstechnik

Die Untersuchungsperson sitzt in einer Entfernung von 5 m zur Projektionswand und trägt eine Untersuchungsbrille, die sowohl dazu dient, etwa erforderliche Gläser zur Korrektur einer vorliegenden Refraktionsanomalie als auch Abdeckgläser für das nicht zu untersuchende Auge aufzunehmen. Man setzt das auf die Projektionswand projizierte Schachbrettmuster derart in Bewegung, daß es in der Waagerechten hin- und herschwingt. Es werden beide Augen getrennt untersucht. Sobald sich das Schachbrettmuster bewegt, entwickeln sich bei der Untersuchungsperson rhythmische Hin- und Herbewegungen des Auges (Pendelnystagmus), die synchron mit den Pendelschwingungen des Schachbrettmusters verlaufen. Vom Untersucher können die Pendelbewegungen mühelos beobachtet werden. Sobald der Nystagmus voll entwickelt ist, projiziert der Untersucher mit der Zeiss-Hammerlampe die größenvariable Fixationsmarke (vom 2. Teil des Apparates) auf die Mitte der Beobachtungswand. Von der Prüfungsperson wird diese feststehende Lichtmarke, sobald er sie erkennen kann, als willkommener Fixationspunkt benutzt, und es kommt zur sofortigen Unterbrechung des Nystagmus, was wiederum vom Untersucher registriert wird. Durch Betätigung der Stellschraube an der Hammerlampe läßt sich nunmehr die Fixationsmarke stufenlos und stetig verkleinern. Wenn die quadratische Leuchtmarke eine Verkleinerung erreicht hat, die auf Grund der Sehschärfe der Untersuchungsperson von dieser nicht mehr wahrgenommen werden kann, entwickelt sich sofort wieder die Hin- und Herbewegung des Auges, die vom Untersucher registriert wird. Von diesem Zeitpunkt an wird die Fixationsmarke nicht mehr verkleinert, sondern seine Länge in der Senkrechten ausgemessen. Das geprüfte Auge der Untersuchungsperson wird dabei abgedeckt. Um Zufallsergebnisse auszuschalten, erfolgten noch 2 mal die gleichen Untersuchungen am selben Auge, bevor das andere Auge geprüft wird.

Die ermittelten Werte wurden in die am Schluß aufgeführten Tabellen eingetragen und mit den bei der subjektiven Sehschärfeprüfung erzielten Ergebnissen verglichen. Da es sich bei den von mir untersuchten Prüflingen ausschließlich um Personen handelte, die sich freiwillig zur Verfügung gestellt hatten und denen bei der subjektiven Sehschärfeprüfung eine Täuschungsabsicht fernlag, konnte aus einem Vergleich und einer koordinatenschematischen Auswertung sowohl eine Eichtafel für das mir zur Verfügung stehende Gerät als auch eine Aussage über seine Zuverlässigkeit und Brauchbarkeit erwartet werden.

Der Untersuchungsvorgang erfolgte in einem leicht abgedunkelten Raum. Um eine hohe Konzentration und Aufmerksamkeitsbereitschaft der Untersuchungsperson zu erzielen, wurde Wert auf eine ruhige Atmosphäre während der Prüfung gelegt.

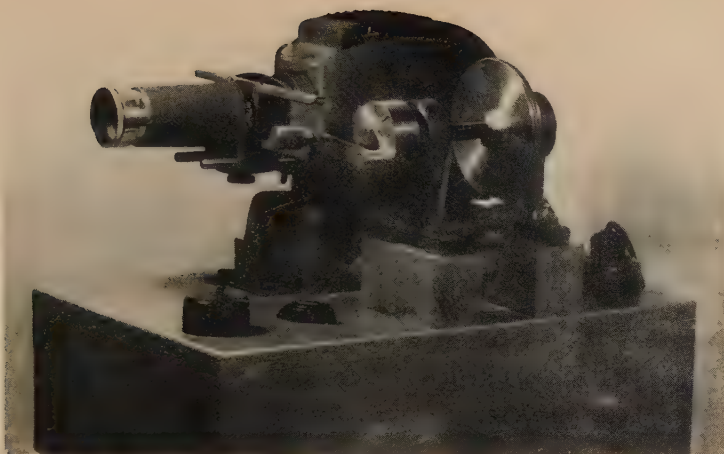


Abb. 6: 1. Teil des Untersuchungsgerätes
Projektionsgerät mit Elektromotor und Exzentrerscheibe zur Erzeugung eines in seiner Geschwindigkeit steuerbaren bewegten quadratischen Reizmusters.

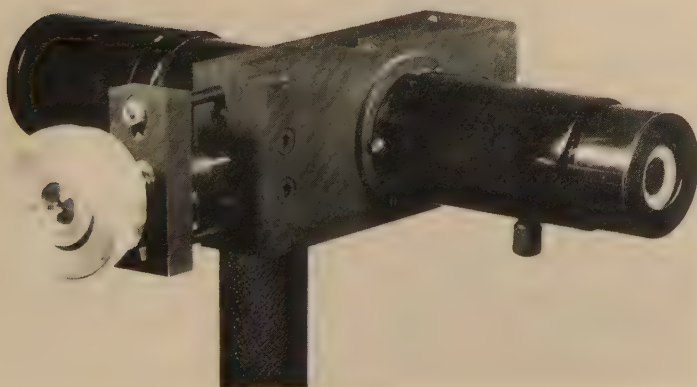


Abb. 7: 2. Teil des Untersuchungsgerätes
Eine umgebaute Zeiss-Hammerlampe mit Stellschraube zur Regulierung der Größe der quadratischen Lichtmarke.

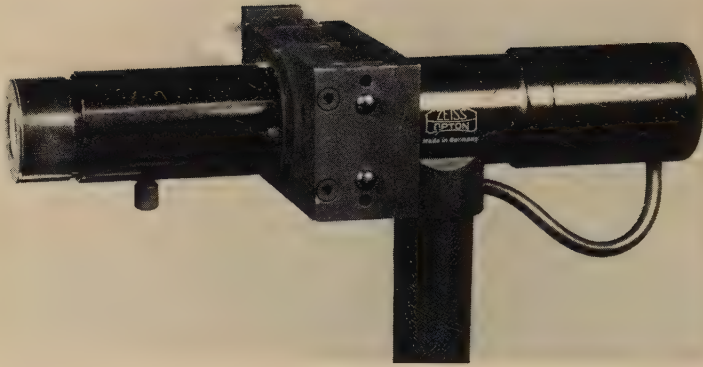


Abb. 8: Die umgebaute Zeiss-Hammerlampe mit Stellschraube von der Rückansicht.



Abb. 9: Vorderansicht der umgebauten Zeiss-Hammerlampe nach Abbau der Lupe. Aufsicht auf die in ihrer Größe regulierbare AUBERT-Blende.

f) Untersuchungsergebnisse

Bei den von mir untersuchten 50 Personen handelte es sich um Patienten, deren subjektive Sehschärfenwerte zwischen $1/60$ -- $5/3$ lagen. Auf diese Weise wurden die unterschiedlichsten Visuswerte erfaßt, um eine möglichst genaue Eich-tabelle für den benutzten Apparat zu erzielen. Zunächst wurde bei jeder Person die subjektive Sehschärfe geprüft und anschließend jedes Auge je 3 mal mit der angegebenen objektiven Methode untersucht. Die 300 Ergebnisse der objektiven Sehschärfenbestimmung finden sich in der Tabelle 1 auf S.10 ff mit den subjektiven Visusangaben zusammengestellt. In den Tabellen 2 und 3 auf S.16 f wurden die gleichen Ergebnisse in ein Koordinatenschema eingefügt.

Tabelle 1: Namentliche Zusammenstellung der untersuchten Personen sowie deren Resultate der subjektiven und objektiven Sehschärfenbestimmung

Nr.	Name und Alter	Subjektive Sehschärfe	Objektive Sehschärfe
1	E.K. geb. 24.10.28	r. 5/6 l. 5/10	r. 8 7 6,5 l. 11 10 12,5
2	S.A. geb. 15.2.26	r. 5/3 l. 5/3	r. 4,5 4 4 l. 4 4 5
3	F.B. geb. 27.5.46	r. 5/3 l. 5/3	r. 4,5 4 4,5 l. 5 4 4,5
4	G.W. geb. 23.5.48	r. 5/3 l. 5/30	r. 4,5 4 4 l. 13 15 16
5	B.F. geb. 13.1.01	r. - l. 5/4	r. - l. 4,5 5 5
6	R.K. geb. 19.7.37	r. 5/3 l. 5/3	r. 4 4 4,5 l. 4 4 4
7	G.A. geb.	r. 5/8,5 l. 5/7,5	r. 8,5 8 9 l. 7,5 7 8
8	v.K.B. geb. 17.3.44	r. 5/3 l. 5/3	r. 4,5 4 4 l. 4 4 4,5
9	W.K. geb. 20.2.10	r. 5/30 l. 5/30	r. 13 15 17 l. 14 15 16,5
10	H.H. geb. 22.5.43	r. 1/25 l. 1/20	r. 37 38 35 l. 30 32 34
11.	St.KM. geb. 11.12.55	r. 5/3 l. 5/20	r. 4 4 4,5 l. 13 14 16,5
12	B.H. geb. 30.1.49	r. 5/6 l. 5/5	r. 6 6 7 l. 5 5 5,5
13	T.M. geb. 17.12.50	r. 5/3 l. 5/3	r. 5 5 4 l. 4 4 4,5

Nr.	Name und Alter	Subjektive Sehschärfe	Objektive Sehschärfe		
14	Sch.J. geb. 24.8.04	r. 5/15 l. 5/65	r. 12 11 13,5 l. 7 8 6,5		
15.	H.H. geb. 21.2.96	r. 5/10 l. 5/6,5	r. 12 13 10,5 l. 8 9 7,5		
16	V.D. geb. 24.9.46	r. 5/5 l. 5/3	r. 5 6 5,5 l. 4 4 4,5		
17	K.F. geb. 15.1.12	r. 5/3 l. 5/4	r. 4 4 4,5 l. 5 5 4,5		
18	P.JF. geb. 26.9.08	r. 5/5 l. 5/5	r. 6,5 6 6,5 l. 5,5 6 6,5		
19	B.M. geb. 8.2.26	r. 5/4 l. 5/3	r. 6,5 5 6 l. 4 4 4,5		
20	St.K. geb. 5.8.23	r. 5/4 l. 1/35	r. 6 5 6,5 l. 25 27 32		
21	B.J. geb. 9.10.04	r. 5/10 l. 5/7,5	r. 11 12 13 l. 9 8 8,5		
22	S.H. geb. 10.11.41	r. 5/50 l. 5/35	r. 17,5 17 18 l. 15 17 16,5		
23	H.K. geb. 22.5.99	r. 5/4 l. 5/4	r. 6,5 5 5,5 l. 5 5 4,5		
24	B.H. geb. 12.6.35	r. 5/3 l. 5/40	r. 4 5 4,5 l. 16 15 15,5		
25	W.W. geb. 26.3.00	r. 5/4 l. 5/20 (+ 11)	r. 5 6 6,5 l. 13 14 13,5		
26	H.H. geb. 7.7.30	r. 5/7,5 l. 5/5	r. 7,5 8 8,5 l. 5,5 5 6		
27	M.E. geb. 3.10.96	r. 5/5 l. 5/10	r. 5 6 5,5 l. 11 10 11		
28	N.E. geb. 21.9.09	r. 1/35 l. 1/35	r. 42 39 40 l. 44 42 43		

Nr.	Name und Alter	Subjektive Sehschärfe	Objektive Sehschärfe
29	Sch.H. geb. 30.11.19	r. 5/10 p l. 5/20	r. 8 9 8,5 l. 13 11 12
30	H.H. geb. 5.2.38	r. 5/10 l. 5/15	r. 11 9,5 9,5 l. 9,5 12 10,5
31	B.W. geb. 13.9.08	r. 5/8,5 l. 5/10	r. 10 8 7 l. 12 11 9
32	E.K. geb. 3.12.06	r. 5/4 l. 1/40	r. 5 5 4,5 l. 46 42 44
33	R.Ch. geb. 14.4.21	r. 5/20 l. 5/15	r. 11 16 15 l. 14 13 12
34	E.M. geb. 17.7.47	r. - l. 5/7,5	r. - l. 7 8 6,5
35	L.S. geb. 16.9.36	r. 5/15 l. 5/35	r. 13 11,5 13,5 l. 15 14,5 16,5
36	P.L. geb. 1.11.40	r. 5/20 l. 5/50	r. 13,5 14 14 l. 20 18 22
37	M.W. geb. 7.6.20	r. 5/6 l. 5/8,5 p	r. 7 7,5 7 l. 10,5 10 9
38	Sch.R. geb. 2.3.35	r. 5/50 l. 1/100	r. 19 21 22,5 l. 49 52 54
39	E.B. geb. 21.3.39	r. 5/15 l. 5/10	r. 15 13,5 13 l. 10,5 11 13
40	K.K. geb. 6.4.07	r. 5/25 l. 5/20 p	r. 14,5 15,5 15 l. 14 14,5 15
41	G.E. geb. 30.8.22	r. 5/7,5 l. 5/6,5 p	r. 8 8,5 9 l. 7 8 8
42	B.R. geb. 20.4.27	r. 1/50 l. 5/35	r. 40 42 40 l. 14,5 16 16,5
43	D.M. geb. 12.9.58	r. 5/7,5 l. 5/20	r. 7,5 8 8,5 l. 15,5 15 15

Nr.	Name und Alter	Subjektive Sehschärfe	Objektive Sehschärfe
44	G.M. geb. 23.11.04	r. 5/35 l. 5/50	r. 14 16 17 l. 19,5 22 23
45	A.L. geb. 28.7.00	r. 5/4 l. 5/25	r. 4,5 4,5 5 l. 13 13,5 15
46	K.W. geb. 24.3.00	r. 1/35 l. 5/30	r. 36 39 42 l. 12,5 14 13,5
47	I.G. geb. 21.4.33	r. 5/12 p l. 5/20	r. 10,5 11 12 l. 12,5 13,5 14
48	St.-M.A. geb. 19.5.33	r. 1/25 l. 5/5	r. 35 36 38 l. 5 5,5 6
49	S.E. geb. 23.1.43	r. 5/35 l. 5/50	r. 14,5 16 17 l. 18,5 18 21
50	Sch.K. geb. 2.3.30	r. 5/50 l. 5/50	r. 19,5 22 24 l. 19 21 20

g) Statistische Auswertung der Ergebnisse

Um einen ersten Überblick über die 300 Untersuchungsergebnisse zu erhalten, wurden jeweils die bestimmten Wertepaare der subjektiven und objektiven Sehschärfe in ein Koordinatensystem eingetragen (Abb.10). In diesem Diagramm entspricht die Abszisse den objektiven, die Ordinate den subjektiven Werten. Da bei der subjektiven Bestimmung der Sehschärfe nur diskontinuierliche Werte (5/3; 5/4 usw.) bestimmt werden, erhalten wir in unserem Diagramm entsprechende Gruppen von unterschiedlichem Umfang. Dabei sind die Gruppen der untersuchten Augen mit guter Sehschärfe (5/3 und 5/4) und die mit besonders schlechter Sehschärfe (5/50) am stärksten besetzt. Innerhalb dieser durch die subjektiv bestimmte Sehschärfe gekennzeichneten Gruppen wurden Mittelwerte und Standardabweichung der objektiven Ergebnisse berechnet. Sie sind in Abb.11 dargestellt; es ist zu erkennen, daß die Standardabweichungen mit zunehmend schlechterer Sehschärfe

größer werden. Es wurde nun eine logarithmische Transformation der Abszissen- und Ordinatenkala vorgenommen. Die Wertepaare beim transformierten Koordinatensystem sind in Abb.12 eingetragen. Man erkennt in dieser Abbildung bei der Übersicht, daß nunmehr die Streuung in den einzelnen Gruppen ungefähr gleich groß wird.

Die Varianzen in den einzelnen, durch die subjektive Bestimmung gezeichneten Gruppen wurden exakt berechnet. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 wiedergegeben. Vergleicht man die berechneten Varianzen mit Hilfe des Bartlett-Testes, so ergibt sich dabei eine Prüfgröße, die im Zufallsbereich liegt, das heißt, es besteht kein signifikanter Unterschied zwischen den Varianzen der verschiedenen Gruppen. Wir haben deshalb eine mittlere gewogene Varianz für alle Gruppen angenommen und daraus für alle Gruppen eine einheitliche Standardabweichung berechnet.

In Abb.13 sind bei transformiertem Koordinatensystem die Mittelwerte sowie die einfache und doppelte Standardabweichung der einzelnen Gruppen eingezeichnet. Die Verbindung der entsprechenden Punkte ergibt eine Kurvenschar, die man zur Schätzung der zu erwartenden objektiven Werte bei Bekanntsein der subjektiven Sehschärfenwerte benutzen kann.

Die objektive Bestimmung der Sehschärfe soll jedoch dazu dienen, auf die entsprechenden Werte der subjektiven Sehschärfe zu schließen. Für diesen umgekehrten Schluß haben wir zunächst eine Unterteilung der logarithmischen objektiven Skala in 10 Klassen vorgenommen. Für die Klassenmitten wurden Varianz und Standardabweichung der in diese Klassen fallenden subjektiven Bestimmungswerte errechnet.

Da für diese Varianzen die Veränderung der objektiven Werte innerhalb der Klassen eine Rolle spielt, ist eine Korrektur vorgenommen worden. Dabei wurde eine lineare Abhängigkeit von objektiver und subjektiver Sehschärfe in einer Klasse angenommen und die durch die Regression zu erklärende Varianz von der Varianz der subjektiven Werte subtrahiert. Die so erhaltenen Varianzen und Standardabweichungen sind in Tabelle 3 enthalten. Läßt man die erste Gruppe mit besonders guter Sehschärfe und niedriger Varianz außer Betracht, so ergibt der Bartlett-Test keine signifikanten Unterschiede zwischen den berechneten Varianzen. Es wurde deshalb auch hier für alle Klassen eine mittlere gewogene Varianz bzw. Standardabweichung berechnet. Das Weglassen der Varianz der ersten Klasse beim Bartlett-Test läßt sich durchaus begründen, da hier die mögliche Streuung der subjektiven Werte durch die Meßgrenze ($5/3$) bei der subjektiven Prüfung eingeschränkt ist.

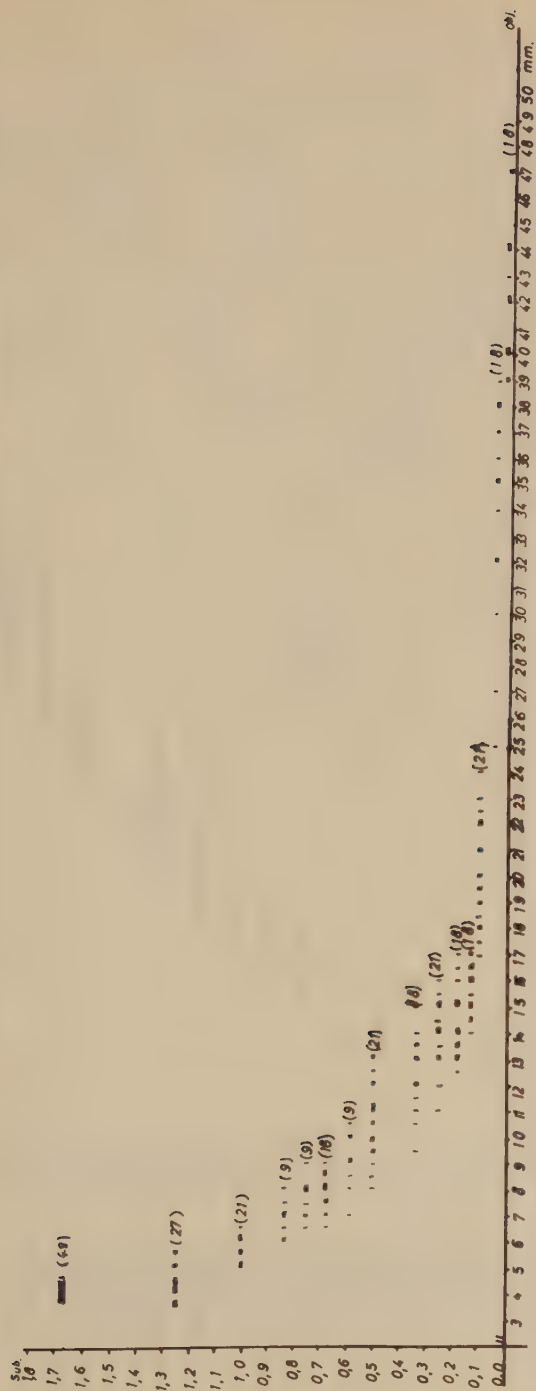


Abb. 10: Graphische Darstellung der 300 Untersuchungsergebnisse, wobei auf der Ordinate die subjektiven, auf der Abszisse die objektiven Werte eingezeichnet sind.

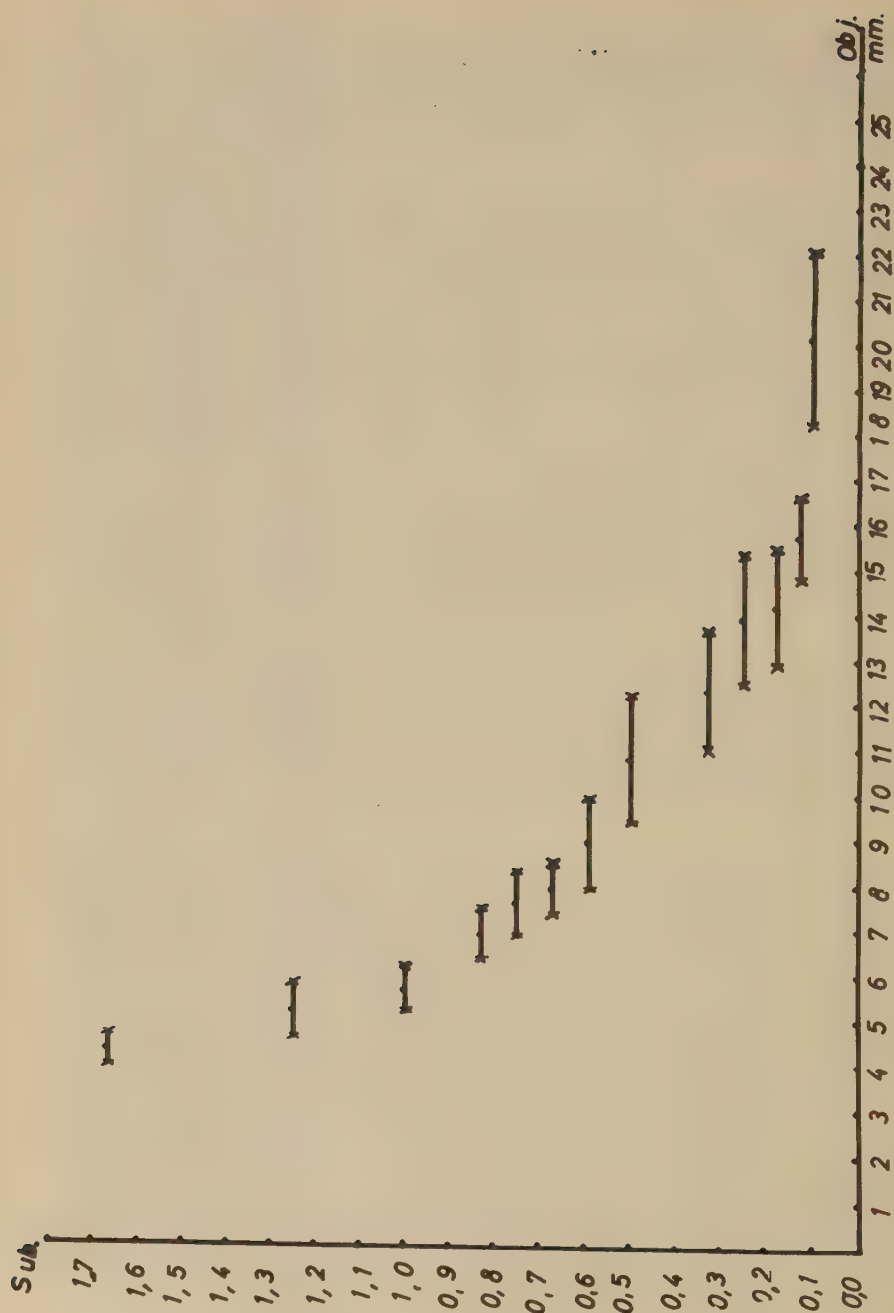


Abb. 11: Darstellung der Mittelwerte und Standardabweichungen der objektiven Untersuchungsergebnisse.

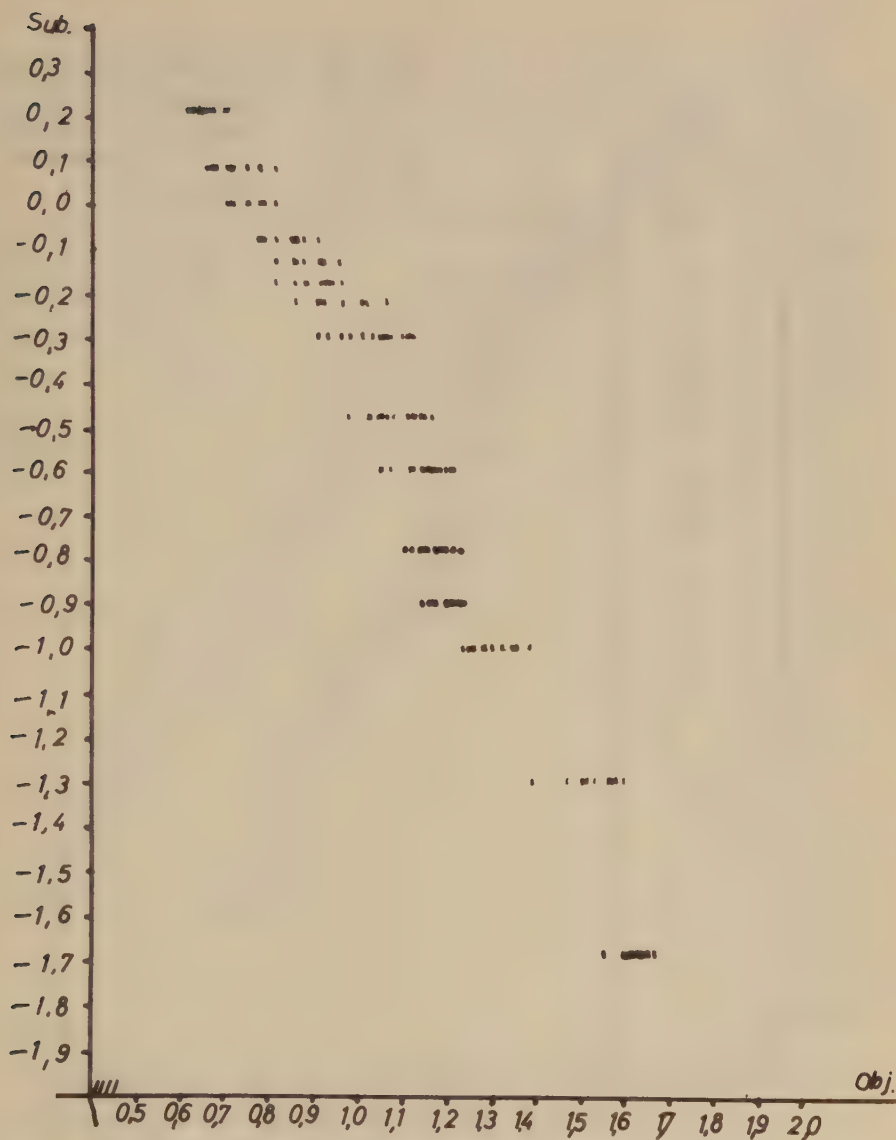


Abb. 12: Logarithmische Transformation der Abszissen- und Ordinaten-
skala von Abb. 11.

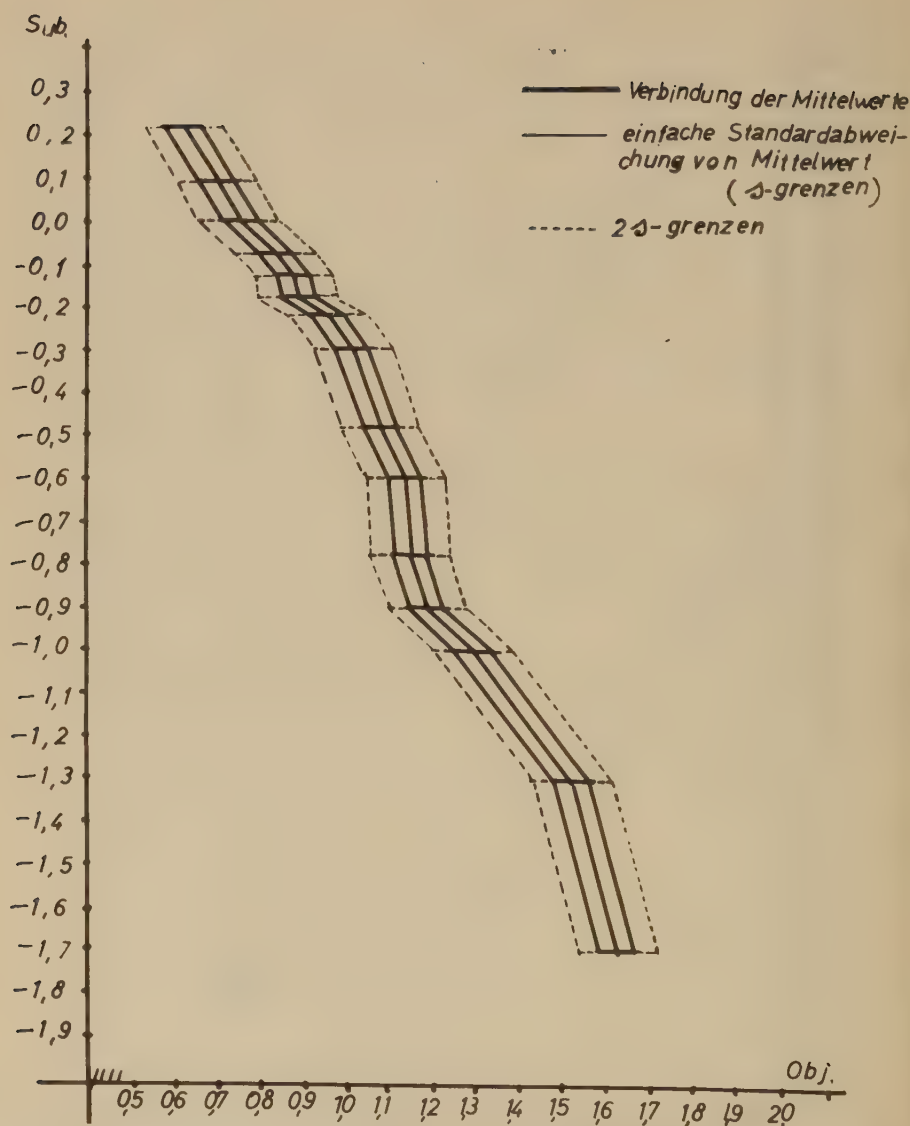


Abb. 13: Darstellung der Mittelwerte sowie der einfachen und doppelten Standardabweichungen des logarithmischen transformierten Koordinatensystems.

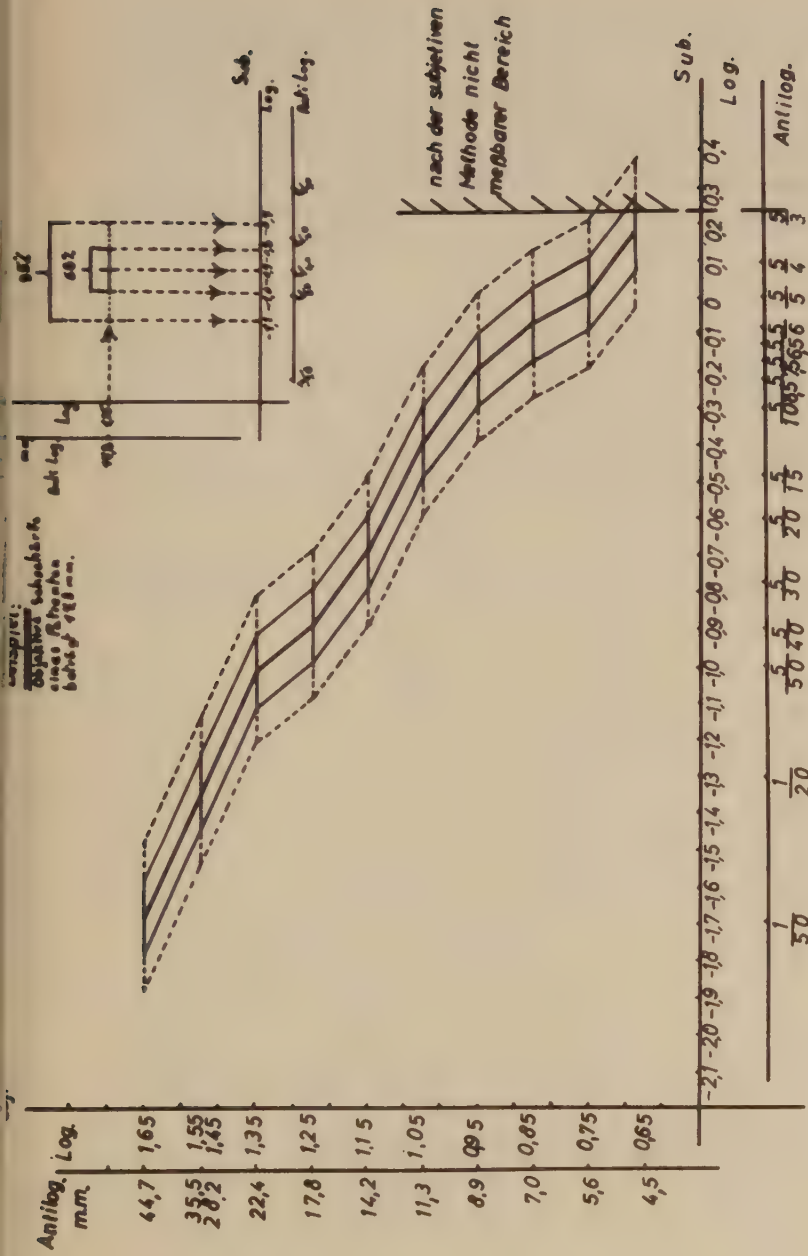


Abb. 14: Darstellung der mittleren subjektiven Werte bei einfacher und doppelter Standardabweichung für die Klassenmitten der objektiven Werte. Auf der inneren Abszisse sind die logarithmischen subjektiven Werte, auf der äußeren die entsprechenden antilogarithmischen Werte festgelegt. Auf der inneren Ordinate sind die logarithmischen objektiven Werte, auf der äußeren die entsprechenden antilogarithmischen Werte eingezeichnet. Rechts oben ist ein Beispiel zur Benutzung der Kurve angegeben.

Die Abb.14 soll dazu dienen, bei bekannten objektiven Werten auf die zugehörigen subjektiven Werte zu schließen. In dieser Abbildung sind die subjektiven logarithmischen Werte auf der Abszissen-Achse und die objektiven logarithmischen Werte auf der Ordinate aufgetragen. Für die Klassenmitten der objektiven Werte sind im Diagramm die zugehörigen mittleren subjektiven Werte mit einfacher und doppelter Standardabweichung eingezeichnet. Die Verbindung der entsprechenden Punkte ergibt eine Kurvenschar, die es erlaubt, von jedem bestimmten objektiven Wert auf die zugehörigen subjektiven Werte zu schließen.

ZUSAMMENFASSUNG DER BEI DEN BERECHNUNGEN VERWANDTEN FORMELN

Mittelwert: $\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$, dabei bedeutet x_i den Einzelwert der betrachteten Variablen und n die Anzahl der Einzelwerte.

Summe der Abweichungsquadrate: $s_{xx} = \sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n}$

Varianz: $s^2 = \frac{s_{xx}}{n-1}$

Standardabweichung: $s = \sqrt{s^2}$

Bartlett-Test: Vergleich der Varianzen von M Stichproben

Varianzen der Stichproben: s_j^2 ($j = 1, 2, \dots, M$)

Freiheitsgrade der j^{ten} Stichproben: n_j

Es sei: $s^2 = \frac{\sum n_j s_j^2}{\sum n_j}$ und $n = \sum n_j$

Dann ist nach Bartlett: $\chi^2 = n \ln s^2 - \sum n_j \ln s_j^2$

Für $n = M - 1$ Freiheitsgrade geht man mit den berechneten Werten in die Tafel der χ^2 -Verteilung ein.

Tabelle 2

Lfd. Nr.	Subjektive Werte		Logarithmische objektive Werte		
	Log.	Antilog.	Mittelwert ($\bar{x}$)	Varianz (s^2)	Standardabw.(s)
1	0,2227	5/3	0,6242	0,0009	0,0300
2	0,0969	5/4	0,7090	0,0027	0,0520
3	0,0000	5/5	0,7455	0,0016	0,0400
4	-0,0810	5/6	0,8363	0,0017	0,0412
5	-0,1250	5/6,5	0,8804	0,0018	0,0424
6	-0,1740	5/7,5	0,8984	0,0015	0,0387
7	-0,2292	5/8,5	0,9605	0,0088	0,0938
8	-0,3011	5/10	1,0299	0,0035	0,0592
9	-0,4819	5/15	1,0852	0,0026	0,0510
10	-0,6021	5/20	1,1415	0,0022	0,0469
11	-0,7773	5/30	1,1511	0,0015	0,0387
12	-0,9031	5/40	1,1948	0,0007	0,0264
13	-1,0000	5/50	1,3015	0,0018	0,0424
14	-1,3011	1/20	1,5383	0,0022	0,0469
15	-1,6990	1/30	1,6220	0,0007	0,0265
				Mittel- Varianz (s^2) Stand.Abw.(s)	
				0,0019	0,0436

Tabelle 3

Lfd. Nr.	Subjektive Werte		Logarithmische objektive Werte		
	Log.	Antilog. mm	Mittelwert ($\bar{x}$)	Varianz (s^2)	Standardabweich. (s)
1	0,65	4,5	0,1716	0,0028	0,0529
2	0,75	5,6	0,010	0,0031	0,0557
3	0,85	7,0	0,0743	0,0053	0,0728
4	0,95	8,9	0,2044	0,0044	0,0663
5	1,05	11,3	0,3973	0,0156	0,1249
6	1,15	14,2	0,6594	0,0038	0,0614
7	1,25	17,8	0,8679	0,0579	0,2406
8	1,35	22,4	1,0251	0,0052	0,0721
9	1,45	28,2	1,3579	0,0193	0,1390
	1,55	35,5			
10	1,65	44,7	1,6990	--	--
				Mittlere Varianz (s^2) Stand.Abw. (s)	
				0,0110	0,1048

III. DISKUSSION

Bevor ich auf die Vorteile des von Oppel konstruierten Gerätes, mit welchem meine Untersuchungen durchgeführt wurden, näher eingehe, möchte ich einiges über die früheren Apparate, die ebenfalls der Bestimmung der objektiven Sehschärfe dienten, vorausschicken. Es kommen hauptsächlich drei Geräte in Betracht:

1. Ohms Methode und Apparat:

Diese Methode ist auf dem Prinzip der Nystagmushemmung aufgebaut. Zur Auslösung des optokinetischen Nystagmus gebraucht Ohm eine optische Drehtrommel von 40 cm Durchmesser und 20 cm Höhe, mit 4 cm breiten weißen und schwarzen Streifen. Ihre Umdrehungszeit beträgt 4° oder 20° in der Sekunde. Die Untersuchungsentfernung ist 50 cm, der Sehwinkel oder Öffnungswinkel beträgt 33° in der Horizontalen und 20° in der Vertikalen. Zwischen Trommel und Versuchsperson ist unter einem Winkel von 45° eine dünne Glasscheibe angebracht, auf der mittels einer Projektionsvorrichtung Spiegelmarken verschiedener Größen abgebildet werden können. Diese hellen Sehobjekte werden Spiegelmarken genannt. Durch Betätigung eines Fußschalters kann auf eine von der Versuchsperson unbemerkte Weise das Einschalten der Spiegelmarken erfolgen. Um die Helligkeit der Spiegelmarken abzuschwächen, werden vor der Projektionsvorrichtung auswechselbare Graugläser einzeln oder in Kombination verwendet. Wird die Spiegelmarke erkannt und vom Auge des Untersuchten fixiert, so tritt sofortige Hemmung des optokinetischen Nystagmus auf. Je kleiner die Spiegelmarke, die dazu führt, desto besser ist das Fixations- und Sehvermögen. Es wird damit also das Wahrnehmungs- und nicht das Erkennungsvermögen des Untersuchten geprüft. Aus der Größe der Spiegelmarken, im Winkelwert gemessen, wird die Sehschärfe ermittelt. Zur Prüfung von Simulanten dienen Ohm folgende Verfahren:

- a) Der Überraschungseffekt, wobei beim Trommelgang die Marke überraschend dargeboten wird.
- b) Der Orientierungseffekt. Zuerst wird die Spiegelmarke dargeboten und dann erst die Trommel in Gang gebracht.
- c) Der Frageeffekt. An die Versuchsperson wird bei Einschaltung des Trommelganges und der Spiegelmarke die Frage gestellt, was gesehen wird. Bei der Antwort, daß neben der Trommelbewegung auch das Lichtpünktchen gesehen wird, tritt bisweilen Hemmung ein.

- d) Achtungseffekt. Dabei wird die Versuchsperson aufgefordert, auf alles Gesehene zu achten und
- e) der Kommandoeffekt, wobei die Versuchsperson aufgefordert wird, das Lichtpünktchen anzublicken.

Durch diese Modifikation seines Verfahrens will Ohm eine sichere Handhabe zur Überführung von Simulanten besitzen.

Kritik: Diese Ohm'sche Methode ist im theoretischen Ansatz als wohl-durchdacht, außerordentlich sinnvoll und den physiologischen Verhältnissen angemessen anzusehen. In der praktischen Anwendung zeigen sich jedoch einige Unzulänglichkeiten, da es nicht verbürgt werden kann, daß ein geschickter Simulant die Marke fixiert, wenn er sie im Gesichtskreis auftauchen sieht. Er wird es geradezu zu vermeiden suchen oder erst ausführen, wenn sie ihm groß genug erscheint. Da das Streifenmuster der rotierenden Trommel und die Fixationsmarke auf der genigten durchsichtigen Glasscheibe sich in unterschiedlichen Beobachtungsentfernungen befinden, kann durch bewußte Akkommodationseinstellung auf die Rotationstrommel die Fixation der Prüfmarke vermieden werden. Dadurch kann der Untersucher zu einem Fehlurteil kommen.

Wenn Ohm sagt, daß seine Methode nicht akzeptiert werde, obwohl sie zur Einführung in die Praxis reif sei, so dürften diese Unsicherheiten daran schuld sein, die dem Praktiker offenbar zu groß erscheinen. Ohm hat wohl diese Einwände durch Modifikation seines Verfahrens teilweise berücksichtigt. Auch liegt es letzten Endes in der Hand des Untersuchers und hängt von dessen Geschicklichkeit ab, den Aggravanten zu entlarven. Dabei will Ohm nur die positive Reaktion bewerten.

Abgesehen davon könnte als weiterer Einwand die geringe Untersuchungsentfernung (50 cm) gelten, da die Prüfungen bereits im Bereich der Akkommodationsstörungen liegen. Es ist nämlich bekannt, daß die Untersuchungsentfernung einen gewissen Einfluß auf die Sehschärfenwerte besitzt, die von Luckiesh optimal in drei Meter gefunden wurde. Die Fehlerbreite seiner Untersuchungsergebnisse wird von Ohm auch nicht mitgeteilt.

2. Goldmanns Methode und Apparat

Diese Methode beruht auf der Erzeugung eines optokinetischen Pendelnystagmus. Dazu benutzte Goldmann ein Testobjekt in Form einer schwingenden Tafel hinter einem Fensterausschnitt. Auf der schwingenden Tafel befindet sich inmitten eines feinen Rasters eine Figur aus einem größeren Raster. Aus einer Entfernung betrachtet, in der man auch den größeren Raster nicht sieht, erscheint die ganze Tafel homogen grau. Ihre Bewegung ist deshalb unsichtbar. Wird der grobe Raster wahrgenommen, so erscheint die aus ihm gebildete Figur hin- und herschwingend. Sie löst beim Beobachter Augenpendeln aus, an dem der Untersucher erkennt, daß beim Patienten der gröbere Raster der Figur eben wahrgenommen wird. Die Augenbewegungen selbst werden mit dem elektrischen Lupenspiegel von der Seite her beobachtet. Das Minimum separabile wurde empirisch statistisch bestimmt und mit 2,4 Minuten gefunden. Sehschärfe 1,0 liegt vor bei einem Abstand von 125 cm von der Tafel. Aus Entfernung und Größe des Rasters (Sehwinkel) wird die Sehschärfe errechnet. Damit sind Sehschärfen von 0,2 bis 2,0 des Normalen bestimmbar. Die Maße der Apparatur sind folgende: Das Fenster in der Wand hat eine Größe von 13 x 5 cm Hochformat. Die Tafel selbst hängt an zwei Spiralfedern und wird in Schwingungen von 1,5 Hertz versetzt. Die Gesamtgröße der Tafel beträgt 40 x 13 cm, die grobe Rasterfigur hat 5 x 3 cm Querformat. Die Größe der groben Rasterquadrate beträgt 0,88 mm, die der feinen Rasterquadrate $1/3$ der groben. Die Beleuchtung erfolgt durch Soffittenlampen von ca. 1200 Lux.

Ein Nachteil der Methode, auf den Goldmann selbst hinweist, ist die Tatsache, daß oftmals bei einzelnen sehtüchtigen Versuchspersonen infolge des kleinen Reizfeldes kein Augenpendeln auszulösen ist. Die Fehlerbreite der Aggravanten, richtige Untersuchung vorausgesetzt, beträgt höchstens $2/10$ Sehschärfe. Die Fehlerbreite bei normalen Versuchspersonen wird nicht angegeben.

Kritik: Das Testobjekt von Goldmann besitzt eine konstante Zahl von Reizobjekten in Form von Schachbrettfeldern feststehender Größe. Der Winkelwert dieser wird durch verschiedene Entfernung variiert. Inkonstant dagegen ist die Reizfeldgröße, die für Sehschärfe 2,0 rund 1° beträgt, für Sehschärfe 0,2 rund 10° . Die Winkelgeschwindigkeit der pendelnden Tafel variiert zwischen $1,5^\circ/\text{sec}$ und $15^\circ/\text{sec}$ bei $1\frac{1}{2}$ Hertz. Die Veränderung der Reizfeldgröße hat wohl für die Auslösung des optokinetischen Nystagmus große Bedeutung, geringer jedoch ist ihr Einfluß auf das optokinetische Augenpendeln. Die Amplitude des Ausschlages ist bei größerem Reizfeld entsprechend größer und leichter zu beobachten, aber ebenso kann ein Reizfeld von 1° die positive Reaktion noch

gut erkennen lassen. Die Veränderung der Winkelgeschwindigkeit liegt, wenn wir die Angaben von Oehrwall zugrunde legen, außerhalb der optimalen (1-50/sec) Grenzen, so daß hier eine gewisse Fehlerquelle in der Auswertung der optokinetischen Reaktion zu befürchten ist. Unter Berücksichtigung der Verbesserungen, die das Gerät durch die Herstellung von Haag und Streit gefunden hat, stellt das Goldmann'sche Verfahren jedoch ein relativ fehlerfreies Untersuchungsverfahren dar. Allerdings bereitet die Herstellung der Testobjekte einige Schwierigkeiten, auf die auch Goldmann hinweist. Nur auf kompliziertem technischem Wege kann es hergestellt werden und ist demnach ein hochpräzises optisches Gerät. Seine Feinheit macht es gegen äußere Einflüsse äußerst empfindlich. Sobald dann die technischen Bedingungen nicht mehr voll erfüllt sind, kann es zu Fehlurteilen führen. Wenn das grobe Muster nämlich nicht durch seine Reizobjekte wirkt, sondern als hellere Fläche vom Hintergrund sich abhebt, wird es einen anderen Reizwert darstellen. Über störende Faktoren erfahren wir nichts Eingehendes, außer über das völlige Wegbleiben des Augenpendelns bei manchen Personen und die Schwierigkeit der Bestimmung der Sehschärfe bei Aphaken. Ebenso wird über die Beziehung störender Augenbewegungen, zentraler Störungen des optokinetischen Nystagmus sowie Bestimmungen der Sehschärfe bei Nystagmus nichts mitgeteilt. Ferner wird auch ein Erklärungsversuch, warum für das Augenpendeln 2,4⁰ erforderlich sind, vermißt. Die Fehlerbreite wird bei Aggravanten mit 0,1 - 0,2 Sehschärfe angegeben. Ein erheblicher Nachteil der Methode ist der, daß Sehschärfen unter 2/10 nicht prüfbar sind. Gerade diese unter 2/10 liegenden Sehschärfenwerte sind jedoch bei Begutachtungen von ausschlaggebender Bedeutung, weil erst in diesem Bereich höhere Sätze der Minderung der Erwerbsfähigkeit oder die Gewährung einer Blindenbeihilfe in Betracht kommen.

3. Günthers Methode und Apparat

Die Methode von Günther ist aufgebaut auf ein Prinzip, das folgende fünf Faktoren enthält:

- a) Reizfeldgröße. Diese bleibt konstant und beträgt 2-3 Winkelgrade. Die Konstanz der Reizfeldgröße wird bei den verschiedenen Untersuchungsentfernungen durch drei auswechselbare Blendengrößen von 15, 10 und 5 cm im Quadrat gewährt.
- b) Die Reizobjekte sind durch ein schwarz-weißes Schachbrettmuster in drei Größen von 10, 5 und 2 mm Quadrat gegeben. Durch Variierung der Ent-

fernung von $1/2$ bis $4 \frac{1}{2}$ m wird ein Sehwinkelwert von kleiner als $1 \frac{1}{2}$ bis über 60° gewonnen. Diese Sehwinkelwerte ermöglichen eine Sehschärfebestimmung von 1,33 bis etwa $1/30$ bei einem optokinetischen Minimum von 2 Winkelminuten.

- c) Abstand. Der Entfernungsabstand kann $1/2$ bis $4 \frac{1}{2}$ Meter betragen.
- d) Winkelgeschwindigkeit. Die Winkelgeschwindigkeit der Bewegung des Testobjektes wird aus der Umdrehungsgeschwindigkeit der Trommel für die einzelnen Reizobjekte (3 Schleifen) nach der folgenden Formel:

$$\frac{V}{\text{sec}} = \frac{\text{Länge der Schleife}}{\text{Umdrehungszeit} \times \text{Abstand}}$$

errechnet.

- e) Hertzzahl. Die Zahl der Schwingungen in einer Sekunde, die die Mitte des Reizfeldes passieren.

Für Reizobjekte 2 mm wird 45-50 Hertz,
 5 mm 20-30 Hertz,
 10 mm 20 Hertz

gefunden.

Günthers Apparat

Dieser Apparat besteht aus einem schwarzen Kasten ohne Seitenwände und Rückwand (um den Zugang zum Auswechseln der Papierschleifen zu erleichtern).

In der Mitte der Stirnwand befindet sich ein Fensterausschnitt, in den drei austauschbare verschieden große Blenden nach Bedarf eingezogen werden können. Die Öffnung der Blenden beträgt 15, 10 und 5 cm im Quadrat. Hinter der Stirnwand befinden sich zwei Trommeln von $9 \frac{1}{2}$ cm Durchmesser, über die austauschbare Papierschleifen von 100 cm Länge mit schwarz-weißem Schachbrettmuster in drei Größen, 2, 5 und 10 mm Durchmesser laufen. Durch eine Handkurbel wird die Papierschleife in Drehung parallel dem Fensterausschnitt gebracht. Die Beleuchtung erfolgt von zwei Lampen, die 200 Lux betragen.

Das Beobachtungsgerät wird aus einer Kinn-Stirn-Stütze mit Fixationsrohr gebildet. Das Fixationsrohr ist ein etwa 20 cm langer, 4 cm weiter Tubus, der für jedes untersuchte Auge verstellbar ist. Zur Registrierung der Augenbewegungen wird eine Lupe von 13 Dptr. und eine Lichtquelle gebraucht.

Kritik: Der Apparat von Günther ist sehr unpraktisch, da man laufend die Schleifen wechseln muß. Hinzu kommt, daß auch die Entfernung der Untersuchungsperson zur Prüffläche von $1/2$ bis $4\frac{1}{2}$ m gewechselt werden muß. Alle Untersuchungen, die im Abstand von weniger als drei Metern zur Prüffläche erfolgen, liegen im Bereich der Akkommodationsstörungen. Durch das Beobachtungsrohr und seine Stellung wird der Untersucher nicht immer in der Lage sein, den Nystagmus genau zu registrieren. Da die Prüffläche klein ist, kann eine geschickte Untersuchungsperson daran vorbeisehen und dadurch einen optokinetischen Nystagmus vermeiden, was zu ganz falschen Ergebnissen führen muß.

Im Gegensatz zu den drei besprochenen Apparaten liegt der Vorteil der von O p p e l entwickelten Untersuchungseinrichtung darin, daß der Patient in einem Abstand von 5 m vor der sehr großen Prüfwand sitzt. Das heißt, er befindet sich nicht im Bereich des akkommodationsabhängigen Sehens, wie bei O h m und G ü n t h e r. Weiterhin ist die Reizfläche sehr groß und konstant, und es werden nicht nur die zentralen, sondern auch die peripheren Netzhautanteile mit in die Untersuchung einbezogen. Im Gegensatz zu allen früheren Apparaten ist die Prüffläche so groß (2×3 m), daß ein Versuch des Patienten, an der Prüfwand vorbeizusehen, nicht verborgen werden kann. Der Prüfling kann sich also dem dargebotenen bewegten Quadratraster nicht entziehen. Die Geschwindigkeit des hin- und herschwingenden Schachbrettes ist außerdem steuerbar, was bei sehr hartnäckigen Simulanten dazu benutzt werden kann, einen optokinetischen Nystagmus von wechselnder Schnelligkeit und Intensität auszulösen, der so unangenehm empfunden wird, daß die dargebotene ruhigstehende Prüfmarke, von deren Größe das noch vorhandene Sehvermögen abzuleiten ist, und die sich zudem durch Projektion auf die Prüffläche im gleichen Untersuchungsabstand wie das bewegte projizierte Reizmuster befindet, unwillkürlich solange wie möglich fixiert wird.

Wie die Untersuchungen gezeigt haben, ist der Apparat zur Erfassung aller Sehschärfen, die im Bereich von $5/3$ bis weniger als $1/60$ liegen, geeignet, da die Streuungen bei mehreren Patienten mit gleicher subjektiver Sehschärfe nur geringfügig waren. Mit Hilfe der angefertigten Eichtablette, die eine scharfe Grenze zwischen den verschiedenen Sehschärfen erlaubt, ist der Untersucher in der Lage, eine exakte objektive Sehschärfebestimmung in etwa 10 Minuten für beide Augen durchzuführen. Der Apparat ist so einfach gebaut, daß er leicht zu bedienen ist und keine Störanfälligkeit aufweist.

Es wäre möglich, das Gerät von Oppel noch dahingehend zu verbessern, daß man die Stellschraube, mit welcher die Größe der einblendbaren Fixationsmarke variiert wird, direkt mit einer geeichten Skala zu versehen, um die Größe der Fixationsmarke, bei welcher der Nystagmus gehemmt wird, schon auf der Skala ablesen zu können.

IV. ZUSAMMENFASSUNG

Es wurde mir die Aufgabe gestellt, Untersuchungen über den Aussagewert objektiver Sehschärfenbestimmungen mit Hilfe des optokinetischen Nystagmus durchzuführen. Als Untersuchungsgerät diente ein neu konstruierter Apparat von OPPEL, dessen Brauchbarkeit und Zuverlässigkeit gleichzeitig einer Überprüfung unterzogen werden sollte.

Die Untersuchungen wurden bei 50 freiwilligen Versuchspersonen mit Sehschärfenwerten zwischen 5/3 bis 1/50 durchgeführt, wobei jedes Auge 3 mal geprüft wurde. Es wurde eine Unterteilung der logarithmierten objektiven Werte in 10 Klassen vorgenommen. Für alle Klassenmitten ließen sich Mittelwerte und einheitliche Standardabweichungen der entsprechenden subjektiven Werte bestimmen. Damit lassen sich im Diagramm die Vertrauensbereiche der zu bestimmten objektiven gehörenden subjektiven Werte angeben. Aus den objektiven Meßergebnissen können somit bei Simulanten, die über ihr noch vorhandenes Sehvermögen keine richtigen Angaben machen, mit Hilfe der gefundenen Kurven die noch erzielbaren Mindestsehschärfenwerte abgelesen werden.

Die Eichkurve erfaßt subjektive Sehschärfenwerte zwischen 1/50 bis 5/3, die für die augenärztliche Untersuchung und Begutachtung von Bedeutung sind.

Die mir zur Verfügung gestellte Untersuchungseinrichtung erlaubt eine von der Absicht des Untersuchten unabhängige relativ exakte Ermittlung des noch vorhandenen Sehvermögens und ist allen bisher bekannten Methoden zur objektiven Sehschärfenbestimmung überlegen.

V. LITERATURVERZEICHNIS

AXENFELD, Th. und H. SERR

Lehrbuch und Atlas der Augenheilkunde.

9. Aufl., Jena 1949

BACH, K.

Die Prüfung des optokinetischen Nystagmus zur Entlarvung einer Scheinblindheit.

Klin. Wschr. 14 (1935) S. 1505

BARANY, R.

Optischer Nystagmus und Eisenbahnnystagmus.

Uppsala 1921

BARTELS, Martin

Der Einfluß der Lichtempfindlichkeit und des Fixierens auf die Entstehung des Dunkelzitterns.

Klin. Mbl. Augenhk. 70 (1923) S. 452

BARTELS, Martin

Theorie und Praxis des Nystagmus.

Zeitfragen der Augenheilkunde. Stuttgart 1938

BORRIES, G. V. Th.

Fixation und Nystagmus.

Kopenhagen und Leipzig 1926

BROERS, H. und A. de KLEYN

Experimentelle Untersuchungen über den optokinetischen Nystagmus.

Acta brevia Neerl. physiol. pharmacol. microbiol. 4 (1934) S. 61

CORDS, R.

Das Nystagmusproblem.

Münch. med. Wschr. 69 (1922) S. 693

CORDS, R.

Die Physiologie der Augenbewegungen.

Berlin 1930

Abkürzungen der Zeitschriftentitel nach Periodica Medica,
Titelabkürzungen medizinischer Zeitschriften, hrsg. von W. Artelt,
E. Heischkel und C. Wehmer, 4. Aufl., Stuttgart 1952

ENGELKING, E.

Grundriß der Augenheilkunde.
Berlin - Göttingen - Heidelberg 1960

GOLDMANN, Hans

Objektive Sehschärfenbestimmung.
Ophthalmologica, Basel 105 (1943) S.240

GRÜTTNER, R.

Handbuch der Neurologie.
Berlin 1939

GÜNTHER, G.

Objektive Sehschärfenbestimmung.
Halle/Saale 1950

GÜNTHER, Norbert

Die Struktur des Sehraumes.
Stuttgart 1955

vom HOFE, Karl

Einführung in die Augenheilkunde.
Berlin - München - Wien 1946

KERSTENBAUM, A.

Monokuläre und binokuläre Sehschärfe.
Zschr. Augenhk. Berlin 63 (1927) S.159

KERSTENBAUM, A.

Zur Entwicklung der einzelnen Formen der Augenbewegungen, ihre
Beziehungen zum optokinetischen Nystagmus.
13. Internationaler Ophthalmologenkongreß, Amsterdam vom
5. bis 13.9.1929

LUCKIESH, M. und F.K. MOSS

Die Abhängigkeit der Sehschärfe von der Entfernung des Sehobjektes.
J. Optic. Soc. America 23 (1933) S.25

MARX und TRENDELENBURG

Über die Genauigkeit der Einstellung des Auges beim Fixieren.
Zschr. Psychol. Physiol. Sinnesorg.
Leipzig 45 (1911) S. 87 u. 460

NOISZWEKSI, Kaz.

Die Sehschärfe und Fixationsgeschwindigkeit beim optomotorischen Nystagmus und monokularer Polyopie.

Klin.ocza. Warszawa (1927) S.177

OEHRWALL, S.

Die Bewegungen des Auges während des Fixierens.

Skand.Arch.Physiol. Kopenhagen 27 (1912) S.65

OHM, Johannes

Entwicklung einer Methode objektiver Sehschärfenbestimmung auf der Grundlage des optokinetischen Nystagmus.

Stuttgart 1947

OHM, Johannes

Nystagmus und Schielen bei Sehschwachen und Blinden.

Stuttgart 1958

OHM, Johannes

Objektive Prüfung der Sehleistungen mit Hilfe der optokinetischen Augenbewegungen.

Stuttgart 1953

PFISTER, A.

Anfertigung und Verwendung einer Sehprobentafel zur objektiven Sehschärfenbestimmung.

Ophthalmologica, Basel 113 (1947) S.344

PLENCK, Joseph Jakob

Lehre von den Augenkrankheiten.

2.Aufl. Dtsch.Übers.

Wien 1788

RIEKEN, Hans

Objektive Adaptometrie .

Klin.Mbl.Augenheilk. 107 (1941) S.1 u. 306

SACHSENWEGER, Rudolf

Experimentelle und klinische Untersuchungen des stereoskopischen Raumes.

Nova Acta Leopoldina 20 (1958) Nr.136

TRENDELENBURG, W.

Der Gesichtssinn.

Berlin 1943

WEYMONTH, Frank W., Don Carlos HINES, Lawrence H. ACRES, Johan E. RAUF and Maynard G. WHEELER

Die Sehschärfe innerhalb der Area Centralis und ihre Beziehung zu den Augenbewegungen und zur Fixation.

Amer.J.Ophth. 11 (1928) S. 947

Abschließend möchte ich Herrn Professor Dr. O p p e l für die Überlassung des Themas und seines Untersuchungsgerätes sowie für seine wertvollen Hinweise und seine Unterstützung bei der Arbeit danken.

Herrn Professor Dr. N o v e r danke ich für die Übernahme des Korreferates.

Mein Dank gilt auch den Herren Professoren Dr. K o l l e r , Dr. H o r b a c h und ihren Mitarbeitern, die mir bei der statistischen Auswertung behilflich waren.

LEBENS LAUF

Ich, M. Gamal Ibrahim, wurde am 21. April 1933 in Kairo als Sohn von Moh. Ibrahim und seiner Ehefrau geboren.

Von 1941 bis 1946 ging ich in die Volksschule in Kairo. Anschließend besuchte ich das Gymnasium, wo ich 1952 mein Reifezeugnis erhielt. Von 1952 bis 1956 leistete ich meine Militärzeit ab, nebenbei studierte ich an der Helio-polis-Universität in Kairo Jura.

1956 kam ich nach München, um Medizin zu studieren. Bald darauf mußte ich wieder aus familiären und gesundheitlichen Gründen nach Kairo zurückkehren. Im Wintersemester 1958/59 begann ich mein Studium wieder an der Frankfurter Universität. Ab 2. Semester studierte ich in Mainz, wo ich mein Vorphysikum, Physikum und am 24.7.1964 mein Staatsexamen gemacht habe.

Seit dieser Zeit leiste ich meine Pflichtassistenten-Zeit an verschiedenen Kliniken und Instituten der Universität Mainz ab.

